

УДК 681.5

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ВУЗЛОМ ОХОЛОДЖЕННЯ І КОНДЕНСАЦІЇ ГАЗПРОДУКТОВОЇ СУМІШІ У ВИРОБНИЦТВІ СИНТЕЗУ МЕТАНОЛУ

Лорія М.Г., Поркуян О.В., Целіщев О.Б., Єлісеєв П.Й.

OPTIMUM MANAGEMENT OF COOLING AND CONDENSATION OF GAS PREPARED MIXTURE IN METHANOL PRODUCTION METHODS

Lorîia M.G., Porkuyan O. V., Tselishchev O.B., Yeliseyev P.I.

В роботі розглянуто аналіз впливу роботи вузла охолодження і конденсації газопродуктової суміші на стабільність виробничого процесу синтезу метанолу. Запропоновано нетрадиційний підхід до регулювання роботи вузла охолодження і конденсації, заснований на принципі компенсації збурень шляхом вибору оптимальної схеми включення елементів вузла.

Ключові слова: Математична модель, адаптація моделі, реактор, автоматизована система регулювання, оптимізація.

Вступ. Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються складністю і великою швидкістю протікання, а також чутливістю до відхилення режимних параметрів від нормальних значень, шкідливістю умов роботи речовин, що переробляються. Із збільшенням навантаження апаратів, потужності машин виконувати технологічні процеси при високому і дуже високому тиску і температурах (близьких до критичних значень), а також швидкостей хімічних реакцій з використанням ручного використання неможливо. При таких обставинах навіть висококваліфікований фахівець не може своєчасно вплинути на процес, у разі відхилення його від норми, а це може привести до втрати якості готової продукції, псування сировини, допоміжних речовин, наприклад каталізаторів, а також до аварійної ситуації, включаючи пожежі, вибухи, викиди великої кількості шкідливих речовин в навколишнє середовище. Більшість технологічних процесів, враховуючи їх масштабність, можна здійснювати тільки при їхній повній автоматизації. З використанням поліпшуються показники ефективності виробництва – поліпшується якість вироблюваної продукції, зменшується собівартість, зростає продуктивність праці. Автоматизація передбачає контроль, сигналізацію, регулювання й блокування технологічних параметрів за допомогою автоматичного обладнання.

Задачі, які розв'язуються при автоматизації сучасних хімічних виробництв, вельми складні. Від фахівців вимагають знання не тільки пристроїв різних приладів, але і загальних принципів складання систем автоматичного управління.

Засоби контролю і управління розташовані у виробничому приміщенні, на місцевих щитах, безпосередньо біля установки.

Мета даної роботи – оптимізація процесу повітряного охолодження та конденсації метанолу на стадії синтезу у виробництві метанолу.

Агрегат синтезу метанолу переробляє конвертований газ виробництва оцтової кислоти, синтез-газ цеху ацетилену і конвертований газ відділення підготовки газу цеху синтезу метанолу в метанол-сирець, який є проміжним продуктом для виробництва метанолу-ректифікату. Ефективність роботи агрегату визначається витратним коефіцієнтом вхідного газу, який повинен становить близько 2,7 (2700 м³ вхідного газу на тонну метанолу-сирцю). Щоб отримати позитивні економічні показники необхідно забезпечити стабільну роботу агрегату. Це може бути досягнуто за рахунок виключення або зведення до мінімуму збурюючих впливів, що виникають у технологічному процесі (рис. 1)[4].

Синтезу метанолу здійснюється в реакторі на низькотемпературному мідь-цинк-алюмінієвому каталізаторі під тиском до 5,3 МПа. Парогазова суміш з температурою до 300 °С з виходу реактора надходить у трубний простір рекупераційного теплообмінника, де охолоджується до температури 150 °С газосировинним потоком, що надходить у реактор. Далі парогазова суміш проходить через вузол охолодження і конденсації, в якому при температурі не більше 60 °С конденсується метанол. З виходу вузла охолодження і конденсації газометанольна суміш надходить у сепаратор, з якого сконденсований метанол скидається в збірник метанолу-сирцю, а газ надходить на прийом циркуляційного компресора,

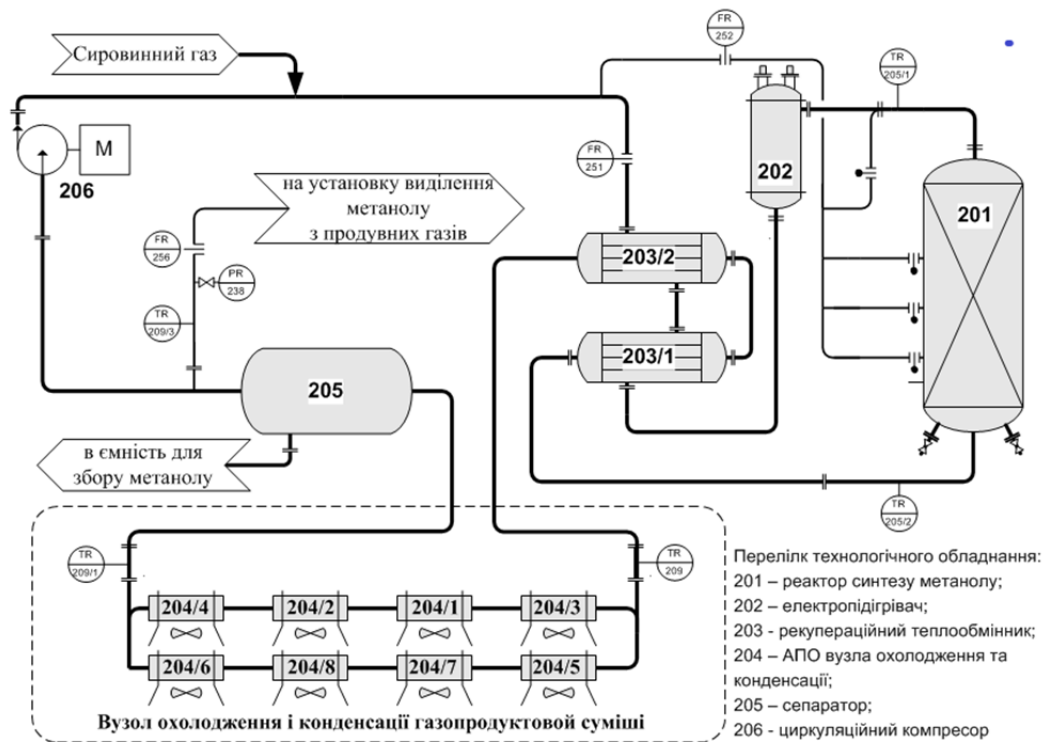


Рис. 1. Технологічна схема синтезу метанолу

що забезпечує подачу суміші циркуляційного та вхідного сировинного газу в реактор синтезу. Частина газу з сепаратора надходить на установку виділення метанолу з продувних газів, причому збільшення витрат продувних газів при незмінному виробленні метанолу свідчить про погіршення властивостей каталізатора[4].

Вузол охолодження і конденсації складається з восьми холодильників-конденсаторів з повітряним охолодженням (АПО) [3]. Холодильники розділені на дві групи, що з'єднані між собою паралельно. У кожній групі чотири послідовно з'єднаних апарата. Температурний режим конденсації парів метанолу регулюється зміною кількості працюючих АПО. Щоб уникнути температурного розбалансу паралельних потоків газопродуктової суміші АПО вмикають або вимикають попарно. При низьких температурах навколишнього повітря частина вентиляторів виводиться у резерв. Для підвищення ефективності роботи вузла в літній час передбачена система зрошення теплообмінників АПО оборотною водою. Увімкнення та вимкнення вентиляторів, а також системи зрошення, здійснюється оперативним персоналом з місцевих постів керування або дистанційно з пульта управління, який знаходиться в приміщенні операторної.

Керування роботою вузла охолодження і конденсації в «ручному» режимі призводить до неузгодженої роботи повітряних холодильників і є однією з причин нестабільної роботи циклу синтезу метанолу.

Аналізуючи данні, які надані підприємством, можна ствержувати, що при змінах складу або витрати синтез-газу відбувається зміна температурного режиму реактора синтезу. У результаті цього змінюється температура газу на виході реактора, а потім і на виході вузла охолодження і конденсації. При фіксуванні зміни температури після АПО, оператор вмикає або вимикає, в залежності від напрямку (зменшення або збільшення) відхилення температури від заданого значення, вентилятори однієї або декількох пар апаратів повітряного охолодження на свій розсуд. Це призводить до різкої зміни температури газопродуктового потоку, і, отже, до зміни перепаду тиску на АПО вузла охолодження і конденсації. Відповідно змінюється перепад тиску між прийомом компресора і входом в реактор, що призводить до зміни витрат синтез-газу і подальшої нестабільної роботи всього циклу синтезу. Такий механізм роботи процесу вмикання вентиляторів апаратів повітряного охолодження призводить до падіння температури і збільшення перепаду тиску на вузлі охолодження та конденсації газопродуктової суміші, збільшення перепаду тиску між прийомом і нагнітанням компресора і збільшення витрати синтез-газу. Вимкнення вентиляторів АПО призводить до зворотних наслідків, це зменшення витрат синтез-газу. Час протікання перехідних процесів в циклі синтезу метанолу, викликаних зміною режиму обдування АПО вузла охолодження і конденсації, становить кілька годин.

Запропоновано оптимальний підхід до регулювання роботи вузла охолодження і конденсації газопродуктової суміші у виробництві метанолу, який не вимагає використання додаткового обладнання і дозволяє обійтися тільки тими технічними засобами, які вже встановлені на виробництві. Запропонована система управління здатна виключити ймовірність «температурних ривків», різкої зміни перепаду тиску між виходом реактора та прийомом циркуляційного компресора, і, як наслідок, виникнення збурюючих впливів, які можуть призвести до дестабілізації роботи агрегату синтезу метанолу.

Стандартним рішенням для регулювання температури технологічних потоків на виході апаратів повітряного охолодження є використання перетворювачів частоти [5]. У розглянутій схемі для регулювання температури газопродуктової суміші на виході вузла охолодження і конденсації можна додатково встановити два перетворювача частоти для зміни потужності електродвигунів однієї з чотирьох пар АПО. В цьому випадку регулювання температури можна було б здійснювати зміною продуктивності однієї пари АПО, а інші пари вмикати і вимикати в залежності від частоти обертання двигунів апаратів з регульованою продуктивністю. При збільшенні частоти обертання двигунів регульованих АПО до максимуму включати додаткові пари холодильників, а при зниженні до мінімуму – робити відключення «зайвих» потужностей. Однак описаний підхід не є оптимальним. По-перше, необхідне встановлення додаткового обладнання – двох перетворювачів частоти для двигунів потужністю 100 кВт кожний. Але ж промислові підприємства прагнуть мінімізувати витрати на виробництво продукції, а придбання нового дорогого обладнання не є кращим заходом підвищення ефективності. По-друге, при веденні технологічного процесу недоцільно використовувати для управління показання приладу контролю температури на виході вузла охолодження і конденсації, так як в цьому випадку збурююча дія вже пройшла через об'єкт управління і спричинить за собою зміну в роботі колони синтезу за описаним раніше механізмом, а вмикання або вимикання вентиляторів буде тільки погіршувати виниклу технологічну ситуацію [6].

На сьогодні актуальною науково-технічною проблемою є безперервне вдосконалення існуючих технологічних схем основних хімічних виробництв, зокрема багатотоннажних, таких як виробництва метанолу, аміаку, нітратної кислоти тощо. Зростання вартості сировини на світових ринках спричиняє стрімке зростання собівартості продукції українських виробництв [7]. Зміна кон'юнктури ринка, що призвела до змін вартості сировини, робочої сили тощо, зробила більшість виробництв, побудованих у 60 – 90-их роках минулого століття нерентабельними. У цих умовах на перший план виходять роботи

щодо модернізації існуючих виробництв. Враховуючи, що можливості конструкторів і проектувальників, щодо структурної оптимізації класичних схем майже вичерпані, особливу увагу слід приділити саме параметричній оптимізації. Виходячи з аналізу даної проблематики, процес охолодження і конденсації необхідно вести не по відхиленню температури на виході вузла, а за показниками приладу контролю температури парогазової суміші на вході, що дозволить своєчасно компенсувати збурення. При цьому для стабілізації процесу теплообміну доцільно застосувати систему дискретного регулювання, в якій буде задіяне лише існуюче технологічне, контрольно-вимірювальне та електросилове устаткування. Сама система регулювання може бути реалізована у вигляді математичного алгоритму, що виконується в комп'ютері або в контролері.

Результатом роботи керуючого алгоритму є вмикання (вимикання) одного або декількох апаратів повітряного охолодження при зміні температури на вході вузла, з урахуванням витрати газопродуктової суміші та її температури. Якщо при всіх працюючих АВО не вдається відвести необхідну кількість тепла, то вмикається зрошення на одному або декількох холодильниках.

При цьому головною проблемою, а відповідно й задачею дослідження, було визначення умов, за якими дискретне керування об'єктом буде наближатись за якістю до аналогового.

Дійсно, при послідовному включенні ефективність теплообміну в холодильниках повітряного охолодження буде різною (залежно від перепаду температур на вході кожного теплообмінника і температури навколишнього середовища). Перший холодильник працює з найбільшою ефективністю, а останній – з найменшою. Отже, на теплообміннику кожного холодильника відбуватиметься падіння температури на певну величину, на першому – на Δ_1 , на другому – на Δ_2 , на третьому – на Δ_3 , а на четвертому – на Δ_4 . Причому $\Delta_1 > \Delta_2 > \Delta_3 > \Delta_4$. При включенні повітряного охолодження на холодильниках відбувається додаткове зниження температури на величини, відповідно, $\Delta_1' > \Delta_2' > \Delta_3' > \Delta_4'$.

Застосовуючи пошуковий алгоритм, система, з урахуванням реальної продуктивності кожного апарату, вмикає їх у такому наборі та послідовності, щоб мінімізувати стрибок температури газопродуктової суміші на виході вузла в цілому.

Оскільки апарати повітряного охолодження розташовані на відкритому майданчику, процес теплообміну залежить від кліматичних умов. Тому в алгоритмі, в обов'язковому порядку, повинна враховуватися температура повітря навколишнього середовища.

Спрощена функціональна схема запропонованого технічного рішення наведена на рис. 2.

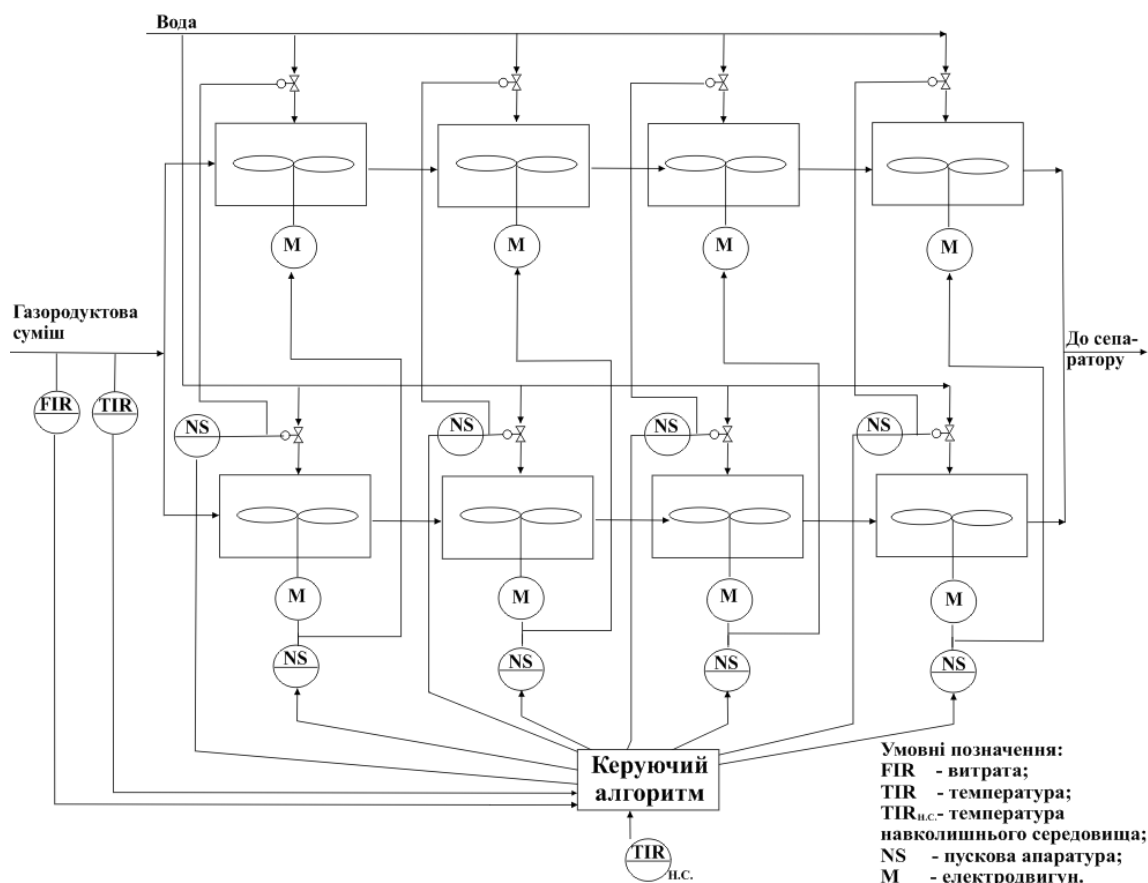


Рис. 2. Схема автоматизації вузла охолодження і конденсації із застосуванням дискретної системи регулювання на базі керуючого алгоритму

Висновки. Запропонований оптимальний підхід до регулювання роботи вузла охолодження і конденсації газопродуктової суміші у виробництві метанолу не вимагає використання додаткового обладнання і дозволяє обійтися тільки тими технічними засобами, які вже встановлені на виробництві. Запропонована система управління здатна виключити ймовірність «температурних ривків», різкої зміни перепаду тиску між виходом реактора та прийомом циркуляційного компресора, і, як наслідок, виникнення збурюючих впливів, які можуть призвести до дестабілізації роботи агрегату синтезу метанолу.

Оскільки використання АПО замість інших відомих теплообмінних апаратів є економічно виправданим [3], вони широко використовуються в хімічній та нафтохімічній промисловості, при транспортуванні природного газу та у інших галузях. Для керування роботою багатовентиляторних АПО з послідовним з'єднанням теплообмінних секцій доцільно використовувати дискретну систему ступінчатого регулювання з пошуком оптимальних комбінацій вмкнених та відмкнених вентиляторів, що дозволяє значно, в залежності від кількості вентиляторів, зменшувати ступінь дискретності регулювання температури охолоджуваної речовини на виході з АПО.

Запропоновано оптимальний підхід до регулювання роботи вузла охолодження і конденсації газопродуктової суміші у виробництві метанолу, який не вимагає використання додаткового обладнання і дозволяє обійтися тільки тими технічними засобами, які вже встановлені на виробництві. Запропонована система управління здатна виключити ймовірність «температурних ривків», різкої зміни перепаду тиску між виходом реактора та прийомом циркуляційного компресора, і, як наслідок, виникнення збурюючих впливів, які можуть призвести до дестабілізації роботи агрегату синтезу метанолу.

Л і т е р а т у р а

1. Амелин А.Г. Общая химическая технология [Текст] / А.Г.Амелин, А.М.Кутепов – М.: Химия, 1977. – 324 с.
2. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Підручник [Текст] / Й.І. Стенцель, О.В. Поркуян - Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. – 300 с.
3. Математичне моделювання технологічних об'єктів [Текст] : Підручник / О.Б.Целіщев, П.Й.Єлісеєв, М.Г.Лорія, І.І.Захаров – Луганськ. Вид-во Східноукр. нац. унів. ім. В. Даля, 2011. – 421 с.
4. Принципы математического моделирования химикотехнологических систем [Текст] / В.В.Кафаров, В.Л.Перов, В.П.Мешалкин и др.– М.: Химия, 1974. - 344 с.

5. Spatial Self-Organization in One Process of Chemical Technology [Text] : International Conference on Differential Equations and Dynamical Systems., 1-4 August 1997. Canada. Waterloo : 1997. - P. 166.
6. Thermal Spots in an Industrial Packed Bed Catalytic Reactor [Text] : Year 2000 International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (ICDSDE) Abstracts Book. USA, Kennesaw, 2000. - P.81.
7. Абдалхамид, Д. Система екстремального управління многополочным реактором с моделью [Текст] / Д.Абдалхамид, М.Г.Лорія, А.Б.Целищев, П.И.Елисеєв // Вісник СХУ. - 2012. - №15(186). - ч.2. - С.152-156

References

1. Amelin A.G., General chemical technology. (1977). Moscow, USSR:Higher school, 448c.
2. Stentsel Y.I., (2010). Avtomatyzatsiia tekhnologichnykh protsesiv khimichnykh vyrobnytstv, Pidruchnyk [Automation of technological processes of chemical production, Textbook], Luhansk, vyd-vo Skhidnoukr. nats. uh-tu im. V. Dalia, , 300 p.
3. Tselishchev O.B. (2011), Matematychni modelyuvannia tekhnologichnykh obektiv [Mathematical modeling of technological objects], Luhansk. Vyd-vo Skhidnoukr. nats. uh-tu im. V. Dalia, 421 p.
4. Kafarov V.V., (1974).Principles of mathematical design of the chemical-technological systems. Moscow, USSR:Chemistry., 344 p.
5. Spatial Self-Organization in One Process of Chemical Technology [Text] : International Conference on Differential Equations and Dynamical Systems., 1-4 August 1997. Canada. Waterloo : 1997. - P. 166.
6. Thermal Spots in an Industrial Packed Bed Catalytic Reactor [Text] : Year 2000 International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (ICDSDE) Abstracts Book. USA, Kennesaw, 2000. - P.81.
7. D.Abdalhamid, (2012). System extreme management by a multishelf of Reactor with the model / D.Abdalhamid, Loria M.G., Tselishchev O.B., Yeliseiev P.Y., // Visnik SNU. - №15(186). - p.2. p.152-156p

М.Г. Лорія, О. В. Поркуян, А.Б. Целищев, П.И. Елисеєв. Оптимальное управление узлом охлаждения и конденсации газопродуктовой смеси в производстве синтеза метанола.

Приведен анализ влияния несогласованной работы узла охлаждения и конденсации на стабильность производственного процесса синтеза метанола. Предложен нетрадиционный подход к регулированию работы узла охлаждения и конденсации, основанный на принципе компенсации возмущений путем выбора оптимальной схемы включения элементов узла.

Ключевые слова: Математическая модель, адаптация модели, реактор, автоматизированная система регулирования, оптимизация.

Ключові слова: Математична модель, адаптація моделі, реактор, автоматизована система регулювання, оптимізація.

Loria M.G., Porkuyan O. V., Tselishchev O.B., P.I. Yeliseev Optimum management of cooling and condensation of gas prepared mixture in methanol production methods

Analysis of impact of uncoordinated work of the node of cooling and condensing of gas product mix on stability of process of methanol synthesis is described. Unconventional approach to the control of the node of cooling and condensation is proposed. The approach is based on the principle of compensation of disturbances by selecting the optimal scheme of work of elements of the node.

Keywords: Mathematical model, adaptation of model, reactor, automatic system of adjusting, optimization.

Лорія Марина Геннадіївна – доцент кафедри електронних апаратів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, кандидат технічних наук, доцент. E-mail: atr01@ukr.net.

Поркуян Ольга Вікторівна – доктор наук, професор, ректор Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. E-mail: olgaporkuyan@gmail.com

Целищев Олексій Борисович – директор інституту міжнародних відносин Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, доктор технічних наук, доцент. E-mail: atr00@ukr.net.

Елисеєв Петро Йосипович – доцент кафедри автоматизації технологічних процесів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, кандидат технічних наук, доцент. E-mail: eliseev@sed.lg.ua.

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 03.04.2019